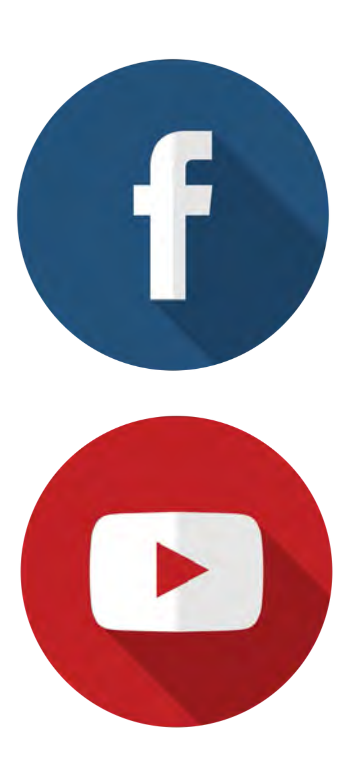
In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful







PHYSIOLOGIE DE LA CONTRACTION DU MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE

1. INTRODUCTION – DEFINITIONS:

3 types de muscles:

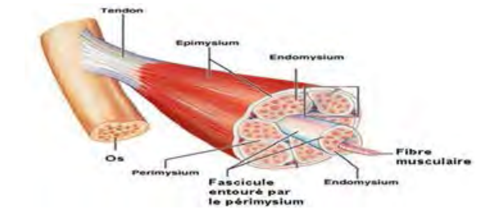
1. Muscle lisse (organes internes : intestin, l'estomac, les vaisseaux sanguins…)	**Mouvement involontaire** **Contrôlé par le système nerveux autonome**
2. Muscle strié cardiaque (cœur)	
3. Muscle strié squelettique Relie les différentes parties du squelette	**Mouvement volontaire** **Contrôlé par le système nerveux périphérique**

- Le corps humain compte **639** muscles qui recouvrent tout le squelette.
- La masse musculaire : **35 %** chez l'homme, **28 %** chez la femme

➢ Trois fonctions essentielles :
- **Produisent des mouvements**
- **Stabilisent la position du corps**
- **Produisent de la chaleur: thermogenèse**

➢ **Le muscle strié squelettique : L'organe effecteur de la motricité somatique**

Ensemble des fonctions qui permettent au corps humain de se déplacer dans un milieu et d'effectuer des mouvements en mobilisant les os du squelette autour de leurs articulations.



2. ANATOMIE PHYSIOLOGIQUE :

1) Macroscopie:

- Constitué par un ensemble de faisceaux musculaires entouré d'une enveloppe commune : **l'épimysium**: tissu conjonctif dense.
- Chaque faisceau musculaire est constitué de plusieurs milliers de fibres musculaires, il est entouré par une enveloppe appelée **périmysium**: cloison conjonctive.
- Chaque fibre musculaire est entourée par une gaine appelée **endomysium**: fine cloison de tissu conjonctif.
- Toutes ces enveloppent se rejoignent aux extrémités du muscle pour constituer **le tendon** qui se fixe sur l'os.
- Le tendon assure la **transmission mécanique** des forces exercées par les structures contractiles.
- Le Diamètre de la fibre musculaire = **50 – 100 um**
- Longueur **= 4 mm** (œil) **– 30 Cm** (cuisse) en fonction du lieu où elle est fixée.
- La fibre musculaire contient **100 000 – 1 Million** d'éléments contractiles indépendants, arrangés parallèlement = **les myofibrilles**

2) Microscopie:

Fibre musculaire = **cellule allongée (myocyte)**, multinuclée (**2 à 5 noyaux**)

- Membrane cytoplasmique = **Sarcolemme**
- Cytoplasme = **Sarcoplasme**
  - **Réticulum endoplasmique**
  - **ATP**
  - **Myofibrilles**
  - **Glycogène**
  - **Protéines libres**
  - **Lipides**
  - **Mitochondries**

3) L'unité motrice:

Le muscle est contrôlé ou innervé par plusieurs motoneurones dont les corps cellulaires sont rassemblés dans la **corne antérieure** de la moelle épinière.

L'axone chemine de la m.e jusqu'au muscle dans les nerfs périphériques, ou il innerve de **100 – 1000** fibres musculaires.

Unité motrice = Un motoneurone alpha (Mnα) + l'ensemble des fibres musculaires qu'il innerve

4) L'unité fonctionnelle contractile = Le sarcomère

Myofibrille = élément cylindrique allongé contractile.

Diamètre de **1-3 um.**

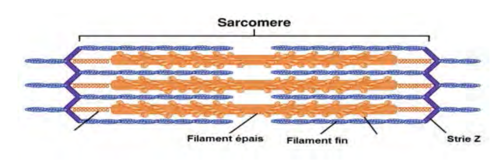
Au microscope optique : Alternance régulière de zones claires **(bandes « I »)** et de zones sombres **(bandes « A »)**

Les bandes I et A de chaque myofibrille se trouvent au même niveau donnant à la fibre musculaire son aspect strié.

- Au milieu de chaque bande I se trouve une membrane transversale appelée **strie Z**
- La partie de myofibrille comprise entre 2 stries Z = **Sarcomère** = unité fonctionnelle contractile
- **Longueur fixe** = **2,5 mm**
- Au milieu de la bande A se trouve une zone claire = **zone H**
- Au milieu de la zone H se trouve **la ligne M**

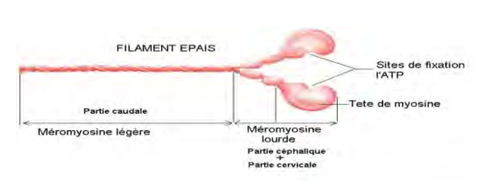
▪ Structure d'une myofibrille :

Au microscope électronique :



- Il existe de 2 types de filaments disposés parallèlement :
- Les filaments épais : myosine
- Les filaments fins : actine

a. Filaments épais:



- **150-360** molécules de myosine
- Aspect d'un bâton de golf
- Protéines lourdes, **PM = 500 kD**
- Myosine :
  - **Partie céphalique** (tête de myosine) **+ Partie cervicale = Meromyosine lourde**
  - **Partie caudale** = **Meromyosine légère.**
- Tète de myosine = **site de fixation de l'ATP**
- Disposition particulière, le manche est orienté vers le centre du sarcomère
- La **mobilité de la partie cervico-céphalique** à la manière d'une articulation permet la fixation réversible du filament épais avec le filament fin et de leur glissement les uns sur les autres

b. Filaments fins : Composés de 3 protéines :

- **Actine**
- **Tropomyosine**
- **Troponine**

- Actine :
  - Protéine globulaire, **actine G**
  - Dans une solution elle est polymérisée en **Actine F** = chaine qui ressemble à un enfilement de perles.
  - 2 exemplaires de cette chaine s'enroule à la manière d'une hélice pour former un filament d'actine
- Tropomyosine
  - Constituée de **2 chaines polypeptidiques** qui s'enroule autour du filament d'actine pour le stabiliser
- Troponine:
  - Se dispose chaque **40 nM**, se compose de 3 sous unités
    - **Troponine T**: responsable de la liaison avec la **T**ropomyosine
    - **Troponine C**: fixe le **C**alcium
    - **Troponine I**: **I**nhibe l'activité ATPasique de la tête de myosine

▪ Réticulum sarcoplasmique:

- Compartiment **intracellulaire** spécialisé dans le stockage et la libération du calcium , 2 parties:
  - **Citernes terminales**
  - **Réticulum sarcoplasmique longitudinale**

- **Le sarcolemme**

Le sarcolemme présente des replis internes appelés **tubules transverses**, il permet de conduire le PAM jusqu'à l'intérieur de la fibre musculaire.
L'association : **1 tubule transverse + 2 citernes terminales adjacentes** = **une Triade**

3. LA CONTRACTION MUSCULAIRE :

1) Mécanisme général de la contraction musculaire:

Excitation préalable des fibres musculaires par les motoneurones alpha :

- Le P.A arrive à la terminaison axonale et va entrainer la dépolarisation de la membrane présynaptique et la libération de l'acétylcholine dans l'espace synaptique.
- L'acétylcholine se fixe sur les récepteurs situés dans la membrane post-synaptique et entraine la dépolarisation de cette membrane, on parle de **potentiel de plaque motrice (PPM)**
- Lorsque le **PPM** atteint le seuil il va produire un P.A = **le potentiel d'action musculaire (PAM**), qui va se propager vers les extrémités de la fibre musculaire.

2) Couplage excitation-contraction:

Succession d'événements par laquelle le potentiel d'action musculaire transmis le long du sarcolemme entraine le glissement des myofibrilles :

- L'arrivée du **PAM** au niveau des **triades** entraine un **flux de Ca++** depuis le réticulum sarcoplasmique vers le sarcoplasme qui va être responsable de la contraction qui implique des interactions entre les protéines des F.Fins et F.Epais
- La membrane du Tubule T contient un récepteur voltage dépendant = **Récepteur à la dihydropyridine : DHPR**
- La membrane des citernes terminales contient un récepteur = **Récepteur à la ryanodine : RYR**
- Ces 2 récepteurs sont en contact.
- Lorsque le **PAM** pénètre le Tubule T il va **activer le DHPR** qui **change de conformation** et **active le RYR** qui s'ouvre et **libère le Ca+2 stocké** dans les citernes.
- Le Ca+2 **retourne** ensuite vers le réticulum sarcoplasmique grâce à une **pompe à Ca+2** (la **calcium ATP-ase** ou **SERCA**) qui consomme de l'ATP = **Transport actif du Ca+2**
- Lorsque le Ca+2 retourne vers le réticulum sarcoplasmique sa concentration intracellulaire va diminuer ce qui entraine un arrêt de la contraction = Le relâchement musculaire.

5) Mécanismes moléculaires:

- La contraction musculaire correspond au **glissement** des F.F sur les F.E, de sorte que l'actine et la myosine **se chevauchent** d'avantage aboutissant à une diminution de la longueur de chaque sarcomère = **Théorie de Huxley 1954.**
- Ce glissement est dû à des interactions cycliques qui établissent des ponts entre les **filaments d'actine** et les **têtes de myosine.**
    - Au repos **la tropomyosine** couvre les sites de fixation de la myosine **sur l'actine** et une molécule d'**ATP** est **fixée sur la tête de myosine**
    - Le **Ca++** se fixe sur **la troponine** qui change de forme entrainant un déplacement de la **tropomyosine** loin des sites de fixation de la myosine permettant l'attachement de la tête de myosine sur l'actine
    - A ce moment une molécule de **Mg+2** se fixe sur l'**ATP** et celle-ci **s'hydrolyse** en ADP + P qui sont libérés ce qui entraine **l'inclinaison** de la tête de myosine vers le centre du sarcomère ce qui fait avancer le filament d'actine auquel elle est attachée.
    - Une autre molécule d'**ATP** se fixe sur **la tête de myosine**, celle-ci se détache de l'actine et un autre cycle peut recommencer.